E/CONF.39/A/217
31 Oct.1962
ORIGINAL : ESPANOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.1.1

Chile

APLICACION DE LOS METODOS CARTOGRAFICOS, TOPOGRAFICOS Y DE FOTOINTERPRETACION EN LAS ZONAS MENOS DESARROLLADAS DE CHILE

Por Alejandro FOLCH PETIT, Coronel,
Director del Instituto
Geográfico Militar

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

APLICACION DE LOS METODOS CARTOGRAFICOS, TOPOGRAFICOS Y DE FOTOINTERPRETACION EN LAS ZONAS MENOS DESARROLLADAS DE CHILE

por

Alejandro Folch Petit, Coronel, Director
del Instituto Geográfico Militar

TEXTO

1.- INTRODUCCION

a) El territorio chileno ubicado entre el paralelo 17°30' latitud Sur y el Polo Sur, tiene la forma de una larga y angosta faja de tierra, con un ancho medio de 150 Km. Su topografía es caprichosa, con una alta cordillera en toda su extensión, una meseta casi plana en su parte central y costas abruptas y desmembradas. Los extremos norte y austral del país que guardan valiosas reservas minerales y forestales y que por sus condiciones climáticas son las menos desarrolladas, han requerido preferentemente de una representación cartográfica fundamental, para planificar su desenvolvimiento y progreso económico futuro.

Se dió comienzo al programa, en forma regular, con los trabajos geodésicos del país en 1947, procediéndose a la señalización y medición de una cadena de cuadriláteros de 1° y 2° orden, que corre de norte a sur por la parte central del territorio. La triangulación se cerró -por inadaptación al relieve y clima riguroso, de los métodos clásicos de trabajo- con una base medida con geodímetro, en el Canal de Moraleda, entre las islas Cuptana y Calquemán a los 44°40' de latitud sur. La nivelación geométrica, vinculada a mareógrafos, se midió totalmente desde el paralelo 17°30' hasta el 41°30', a lo largo del camino longitudinal.

2.- EJECUCION DEL TRABAJO EN LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LOS PARALELOS 17°30' Y 31°00' DE LATITUD SUR

En los meses de octubre a enero de 1954-55 por acuerdo entre el Army Map y el Gobierno de Chile, se ejecutó un vuelo fotogramétrico del sector señalado con las siguientes características: Altura de vuelo 10.000 metros sobre el nivel del mar, Cámara Fairchaild F 152 mm. en fajas de norte a sur. De acuerdo con las Directivas y planes de trabajo se haría un levantamiento regular a escala 1:50.000 con curvas de nivel cada 50 metros. Para la planificación del trabajo se usó las designaciones de las Secciones Geodésicas en que se dividió el país, correspondiendo al Sector las Secciones A (17°30' a 21°), Sección B (21° a 25°), Sección C(25° a 28°) Sección D (28° a 31°) del territorio nacional.

a) Ejecución del trabajo.

i) Los trabajos previos de gabinete consistieron en la preparación de los siguientes documentos:

Plan de Apoyo Terrestre: Es el conjunto de los antecedentes geodésicos (coordenadas planas UTM y alturas de todos los vértices) de la Sección, que permitirán la determinación de los puntos de apoyo en los modelos seleccionados para servir de base de llegada o partida de las fajas por aerotriangular. Se agrega también las copias fotográficas de los modelos seleccionados.

Plan de Aerotriangulaciones: Corresponde al estudio de las fajas por aerotriangular condicionado al sistema adoptado por el Instituto Geográfico Militar para este trabajo, que consiste en aerotriangular fajas de 15 a 20 modelos, con una base de partida y de llegada de cuatro a cinco puntos estereoscópicos con sus coordenadas planas y altura vinculada a la triangulación geodésica. Se aerotriangulan las fajas una por medio, apoyando las intermedias en puntos creados por la aero triangulación de las vecinas. La selección de las bases depende de la distribución de las fajas de vuelo, disposición de la red geodésica y la accesibilidad de los modelos por apoyar.

Plan de Reconocimiento y Clasificación: Comprende la preparación de las ampliaciones fotográficas 2,5 veces al original, organizadas por hojas de 15 por 15 minutos para efectuar en ellas el reconocimiento de todos los accidentes topográficos que es necesario identificar en la fotografía con el fin de obtener una fiel representación en la restitución y además hacer la clasificación del terreno en los aspectos principales de la representación cartográfica. Se dió a este trabajo gran importancia, aumentándose cada vez por las modificaciones del detalle fotografiado.

ii) Los trabajos de apoyo expuestos en el plan respectivo, son ejecutados por una brigada de Apoyo Terrestre cuya Jefatura está formada por un Ingeniero Geógrafo, un calculista y un administrativo y de cuatro a seis Comisiones de Apoyo organizadas cada una por un operador, un registrador, un chofer y dos auxiliares. Cada Comisión está premunida de todos los elementos de medición y también del equipo y vestuario necesario para su operación en el campo en forma independiente en todos los aspectos técnicos y logísticos. El Jefe de la Brigada establece el orden y determina el trabajo a cada una de las comisiones quienes identifican los puntos de apoyo en los modelos proyectados, los señalan y miden. Debe destacarse que las altitudes obtenidas por nivelación trigonométrica, se enlazaron dentro de lo posible, como un control con las líneas de Nivelación de Precisión. . Los resultados se calculan en la Brigada y luego son enviados a la oficina en Santiago para su revisión y aprobación.

El rendimiento promedio en las cuatro Secciones, para todas las clases de terreno, climas y problemas técnicos de apoyo es de 15 días corridos por grupo medido.

iii) Los trabajos de Reconocimiento y Clasificación, se ejecutan cumpliendo el plan respectivo por una brigada organizada por una Jefatura (Ingeniero Geografo y Administrativo) y cuatro a seis comisiones de Reconocimiento con un Operador Reconocedor y un chofer. Cada comisión trabaja un sector de 15 x 15 y cuenta con todos los elementos técnicos y logísticos para su instalación y ejecución del trabajo. Como promedio general se emplean 10 días corridos por unidad de 15x15.

iv) Revisados los cálculos del terreno de cada grupo de puntos de apoyo medidos, se elabora el Plan de Aerotriangulación, en el instrumental de restitución fotogramétrico de primer orden, Estereocartógrafo M.IV Galileo Santoni.

En las aerotriangulaciones se adoptó el sistema de acoplamiento libre de los modelos, registrándose las coordenadas instrumentales de los puntos de apoyo y de traspaso y los que servirán de amarra a las fajas laterales, elaborándose las monografías y la señalización correspondiente en los fotogramas. Como control se dibuja un gráfico en diryte de todos los puntos. Con los valores de las coordenadas instrumentales y topográficas de las bases de apoyo de salida y llegada, se calcula la compensación por el método analítico de Van der Weele. Se ha establecido para este sector del levantamiento, el rendimiento promedio de 2 horas por modelo aerotriangulado y cuatro horas por modelo compensado.

v) Terminadas las aerotriangulaciones, cada modelo individual queda apoyado con seis puntos estereoscópicos perfectamente determinados en los fotogramas, luego se hace la restitución modelo a modelo a escala 1:50.000 con curvas de nivel cada 50 metros, complementadas con las fotografías ampliadas del reconocimiento y clasificación del terreno. Para esta etapa se prepara una hoja en papel con alma de aluminio que lleva la cuadrícula UTM cada 10 cms. y pinchados todos los trigonométricos del sector. Esta constituye la unidad de trabajo de la Sección Restitución y es entregada a los operadores que dibujan el detalle a lápiz con un rendimiento promedio de 120 horas por hoja.

vi) Terminada la restitución, cada unidad, 15x15 minutos con sus calces, pasa a ser revisada y una vez aprobada se le agrega un transparente superpuesto con los topónimos de la hoja, un gráfico esquemático con la red de comunicaciones y un gráfico de vegetación, los que se obtienen del reconocimiento y clasificación del terreno y sirven para facilitar los trabajos de impresión que es ejecutado por personal que no tiene especialización topográfica.

vii) Previa revisión total de la hoja con todos sus antecedentes por el Departamento de Cálculos, Control y Archivo, éstos pasan al proceso de preparación para la impresión en el que básicamente, se emplea el procedimiento Scribing, obteniendo un negativo fotográfico directamente del lápiz a través de éste, los positivos en Stabilene, para el trazado en los diferentes colores en que se imprimirá la carta.

viii) Costos, Rendimientos Unitarios y Totales.- Sector Norte del Levantamiento

Apoyo terrestre	985 Ptos.fijados	4 días c/u.E°	60 c/u.E°	59.100
Recon.y Clas.	277 Hojas	10 " c/u.E°	80 c/u.E°	21.160
Aerotriang.	2.355 Modelos	6 horas c/u.E°	12 c/u.E°	29.260
Restitución	236 Hojas	120 horas c/u.E°	240 c/u.E°	56.640
Revis.y Graf.	236 Hojas	30 horas c/u.E°	60 c/u.E°	14.160
Impresión	92 Hojas	400 horas c/u.E°	800 c/u.E°	73.600
Costo aproximado total del levantamiento				E°	253.920

Total Km^2. del levantamiento son 170.500 Km^2, lo que dá un costo de E° 1,489 por Km^2.

3.- EJECUCION DEL TRABAJO DE APOYO BASICO GEODESICO, CON FINES AEROFOTOGRAMETRICOS, ENTRE LOS PARALELOS 50°35' Y 54°30' DE LATITUD SUR

a) Proyecto.

Esta zona por su alto interés petrolífero y de proyecciones económicas para el futuro, impulsó al Instituto Geográfico Militar para proyectar en ella un sistema de referencias geodésicas con fines de complementar el Datum Sudamericano y apoyar un levantamiento aerofotogramétrico posterior.

i) El estudio se hizo comparando las posibilidades del método clásico por triangulación y el de medición electrónica de distancias. Diferentes factores, entre los que cabe destacar: la urgencia, las dificultades camineras, las rápidas variaciones meteorológicas y el compromiso de una amplia colaboración material, por parte del Inter American Geodetic Survey, consistente fundamentalmente en una disponibilidad de helicópteros, condujeron a decidirse por el empleo de telurómetros.

Un resumen del resultado del planeamiento de los trabajos, es el siguiente:

- Se cubriría la zona con un sistema de poligonales telurométricas, las que a su vez conformarían algunos polígonos para su mejor control;

- La ubicación y orientación del sistema se fundaría, mientras no se contare con una vinculación al Datum Sudamericano, en una estación astronómica fundamental;

- Con el objeto de extremar el control horizontal, teniendo presente eventuales influencias de la refracción lateral, se dispuso distribuir, aproximadamente cada cinco lados, estaciones Laplace;

- Con el fin de obtener algunos antecedentes mínimos sobre el comportamiento de la desviación de la vertical, se planearon distribuir no menos de dos estacionamientos astronómicos completos (latitud, longitud y azimut);

ii) En consideración a los fines primordiales y futuros del trabajo, se proyectó la realización de una nivelación geométrica de 1er. orden, la que, siguiendo las rutas disponibles, se separaba un mínimo de los trayectos de las poligonales telurométricas;

iii) El Datum Altimétrico, estaría constituído principalmente por el N.M.M. en el mareógrafo de Punta Arenas, complementado por el correspondiente a un mareógrafo instalado en Tierra del Fuego específicamente para el objeto, es decir por dos referencias situadas en ambas costas del Estrecho de Magallanes. Se contaba para este trabajo con la valiosa cooperación del Departamento de Navegación e Hidrografía de la Armada y del Inter American Geodetic Survey;

iv) Finalmente cabe destacar el planeamiento del control sobre el equipo de telurometría a utilizar, tanto antes como después de cada temporada de trabajo. Ellos deberían realizarse sobre algunas bases geodésicas de la cadena principal de triangulación del país.

Las disposiciones técnicas dadas para el trabajo telurométrico fueron:

- Se reiteraría en no menos de doce frecuencias;

- Cada ángulo de la poligonal se reiteraría en dieciseis posiciones del círculo y en primera y segunda, posición del anteojo;

- Las observaciones baro y sicrométricas se ejecutarían al principio, medio y fin de cada serie telurométrica;

- Como límite de rechazo para una reiteración en frecuencia, se estableció el de 6 milimicrosegundos;

- Límite de un lado poligonal: 60 kilómetros;

- Longitud deseable para un lado de la poligonal: 40 Kms.

Se esperaba bajo estas especificaciones obtener un cierre relativo en posición no superior a 1:50 000.

La rutina de la observación se proyectó de manera de ejecutar continuada y sistemáticamente las observaciones telurométricas seguidas de las angulares que serían nocturnas. A base de la disponibilidad de tres telurómetros modelo MA-2, se estimó un rendimiento de igual número de estaciones por jornada.

b) Realización del Proyecto.

Lo expuesto en esta monografía corresponde a lo ejecutado durante el primer semestre de 1961, y que sólo cubrió el sector septentrional de la Isla Grande de Tierra del Fuego, rebasando el Estrecho de Magallanes.

El proyecto total cubre una zona entre los paralelos 51° y 54° latitud Sur.

El reconocimiento de la poligonal telurométrica se ejecutó tanto por tierra como por helicópteros. Estos aparatos destacaron la versatilidad en la labor en referencia, facilitando el alcance de vértices situados en sectores intransitables por bosques impenetrables y terrenos pantanosos.

De la experiencia recogida en la labor del reconocimiento, con fines a la telurometría, es conveniente decir que ella debe ser realizada por un personal especializado, tanto más si ésta no se ejecuta con el instrumento, pues se corre el riesgo, debido a ciertas peculiaridades instrumentales, de incurrir en fallas que no siempre son oportunamente subsanables. Un hecho de este tipo condujo a la necesidad de tener que salvar Bahía Inútil mediante cuadriláteros observado trigonométricamente, a la manera clásica.

- La observación. Diferentes circunstancias alteraron la realización del proyecto original, entre ellas la eliminación de uno de los helicópteros debido a una falla mecánica. Para obviar este inconveniente se dispuso separar la medición telurométrica, como un medio de explotar al máximo el único helicóptero disponible en la primera de las labores nombradas.

Entre las experiencias obtenidas en esta etapa se destacan las siguientes:

- Para subsanar la dificultad encontrada para salvar Bahía Inútil, excesivo "swing" sobre el lado originalmente reconocido "Puerto Nuevo" - "Puesto del Medio", así como sobre el elegido para su reemplazo: "Puesto del Medio" - "Discordia", hubo necesidad de reconocer hacia el Oeste de Puesto del Medio, un nuevo vértice - "Cameron" - que con "Puesto del Medio" conformó una base medida telurométricamente, para un cuadrilátero que fué observado en la forma clásica.

- El método telurométrico fué usado sin mayor dificultad para atravesar el Estrecho de Magallanes con el lado "Cerro Lynch" - "Laguna Verde", pese al espejo de aguas.

Se cree que estos comportamientos tan particulares abogan en favor de un reconocimiento previo efectuado con el telurómetro mismo.

- Cálculo de las observaciones. Esta etapa sólo ha sido realizada hasta la fecha en forma preliminar como una manera de establecer en forma aproximada la satisfacción de las especificaciones. El procedimiento seguido fué el de una compensación angular, con base en los cierres de los polígonos de una compensación lineal, de las discrepancias en posiciones UTM.

- Resultados del trabajo.

Error medio angular $\pm$ 1",68.

Error medio relativo en posición 1:340.000.

4.- OBTENCION DE UN POSITIVO STABILENE A PARTIR DEL MANUSCRITO A LAPIZ DE LA RESTITUCION ELIMINANDO EL DIBUJO A TINTA

a) El proceso de restitución para el levantamiento regular 1:50.000 comprende el trazado a lápiz de la planimetría y altimetría sobre una hoja de 15:15 minutos en papel con alma de aluminio. El uso de este material ha dado excelentes resultados en los procesos de preparación de la hoja, restitución y revisión, por su excelente calidad para el trazado, mantención de sus dimensiones sin deformaciones.

b) Como norma para el mantenimiento del original de restitución en el archivo y facilitar el proceso de impresión se repasaba el trazado original en tinta china. Con este procedimiento se conservaba un original que permitía en cualquier momento obtener de él negativos y positivos con una pérdida casi nula de detalles por efecto del roce y el uso a que es sometido. Este proceso obligaba a mantener un equipo de dibujantes en tinta de gran capacidad y formación técnica muy elevada. El rendimiento de una hoja en 60 días no estaba de acuerdo con la urgencia de las publicaciones del levantamiento.

c) Con la adopción del método de separación de colores del Scribing, se evidenció la necesidad de acelerar el proceso planteándose el problema básico de la obtención del negativo del original de restitución con la mayor rapidez y un mínimum de costo.

En el estudio de este problema se efectuó experiencias con la restitución directa sobre Stabilene (papel trazado) encontrándose dificultades en la preparación de los operadores de restitución para el trazado con estilete y especialmente en planimetría. Los rendimientos disminuyeron en un 80% y se evidenció que no se podría controlar los trabajos posteriores por la falta de un original.

Se efectuaron experiencias de restitución sobre plásticos indeformables transparentes que permiten la obtención de un negativo fotográfico por contacto, en este aspecto el costo del material impidió una aplicación práctica, quedando pendiente esta solución hasta lograr una expedita obtención del material necesario.

d) Producto de estas experiencias fué adoptar el procedimiento de repasar el trazado del original a lápiz de modo de conseguir el contraste necesario para obtener un negativo fotográfico apto para el proceso de separación de colores.

Mediante este método se obtuvo una economía de tiempo de 240 horas a 60 horas de trabajo. Ha quedado pendiente la mantención del original a lápiz; se busca una solución adecuada para fijar el trazado del lápiz que permita resguardarlo del intenso uso que tiene los diferentes controles y actualizaciones. En la solución indicada debe destacarse que el detalle más importante que obliga al retoque del original, es la existencia en el Instituto Geográfico Militar de una máquina fotográfica muy antigua, con un sistema inadecuado de iluminación que exige un dibujo muy contrastado en la obtención de un negativo útil.

5.- METODO DE REDUCCION CARTOGRAFICO MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOSICION "ASSEMBLAGE"

a) Problema de la publicación de la carta a escala 1:100.000 por reducción de los originales de restitución a escala 1:50.000.

El Instituto Geográfico Militar, desde que iniciara el proceso de levantamiento de la Carta Regular del país por medio del empleo de la fotografía aérea, ha adoptado la escala 1:50.000 para la elaboración de los originales de restitución. Por la poca densidad de población y carácter desértico de la zona norte, se estimó como escala adecuada de publicación en esta zona 1:100.000 y fué necesario, adoptar un método para reducir la Carta 1:100.000 aprovechando para ello los originales de la restitución a escala 1:50.000.

b) Solución dada a este problema

Los 4 originales de restitución, componentes de una hoja 1:100.000, fueron dibujados a tinta.

Por transparencia, estas hojas se calcaron a tinta china sobre un papel diryte donde finalmente se obtuvo el conjunto de las cuatro hojas. Previendo la reducción a escala, los Signos Convencionales y los tipos de linotipia se ampliaron proporcionalmente. El tiempo empleado en este trabajo, a partir de la etapa del dibujo a tinta de los originales y hasta el término del dibujo sobre diryte, se calcula en 1.174 horas.

Con excepción del excesivo número de horas a que se hace referencia, hay que considerar como factor negativo las deformaciones sufridas por el diryte debido a la influencia de los cambios de temperatura.

Luego de obtener el dibujo sobre diryte se hacía la reducción a escala 1:100.000.

c) Aplicación de un nuevo sistema en la producción nacional

La necesidad de reducir los planos en los diferentes procesos a que se ha hecho referencia y la de obviar los problemas derivados del material empleado, obligaron a la búsqueda de un procedimiento más expedito para llegar al objetivo propuesto.

La concurrencia de un Oficial Ingeniero Geógrafo como becado en el Instituto Geográfico Nacional de Francia, permitió conocer un procedimiento por medio del cual era posible acelerar notoriamente la elaboración de la Carta.

En dicho país se obtenía la Carta 1:50.000 partiendo de la de 1:25.000 y pasando por la formación de un panel intermedio a la escala 1:33.000, con excelentes resultados.

Se inicia el proceso con el retoque a lápiz de los originales de restitución que evita el dibujo a tinta, lográndose una economía de tiempo en la proporción de 1 a 5. De este original se obtiene un negativo a una escala intermedia de 1:75.000 de donde se saca un positivo en papel fotostático. Paralelamente se dibuja, sobre una plantilla con alma de aluminio, el cánevas de la unidad 1:100.000, pero a la escala 1:75.000.

Obtenida la plantilla con el cánevas y las copias fotostáticas a la misma escala de las 4 hojas componentes de la hoja 1:100.000 en formación, se pegan las copias fotostáticas sobre plantilla formando un panel.

Mediante este procedimiento, las deformaciones de cualquier índole que hayan podido experimentar los papeles fotográficos, son corregidos conservándose la precisión de los trabajos.

Del papel se obtiene un "negativo base" reducido a la escala 1:100.000

que servirá para iniciar el trazado en plástico.

d) Beneficios que reporta el sistema.

La economía de tiempo que se logra con la aplicación del nuevo método es evidente si se comparan los plazos empleados en cada una de las fases de los métodos antiguo y nuevo.

En el cuadro comparativo que sigue se dá cuenta de estas diferencias. Los tiempos señalados son los promedios.

Sistema del diryte	Sistema de Assemblage
i) Dibujo a tinta de un original 1:50.000 ..... 326 Hrs.	i) Retoque a lápiz de un original 1:50.000 ..... 60 Hrs.
ii) Dibujo de las 4 hojas 1:50.000 a tinta china sobre diryte (símbolos ampliados) ..... 400 Hrs.	ii) Trazado del cánevas sobre plantilla alma de aluminio; dibujo a tinta de dicho cánevas; negativos y positivos de los originales en papel Agfastat; cuadrícula a tinta sobre positivos agfastat, perforaciones y pegado a la plantilla .... 49 Hrs.

1507 S - Nov.1962 - 600